

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-102809

(43)Date of publication of application : 09.04.2002

(51)Int.Cl.

B08B 3/02

B05B 1/34

(21)Application number : 2000-296222

(71)Applicant : BABCOCK HITACHI KK

(22)Date of filing : 28.09.2000

(72)Inventor : IKOHAGI TOSHIKI

HIGUCHI JIRO

YAMAZAKI NOBUHIRO

SATO KAZUNORI

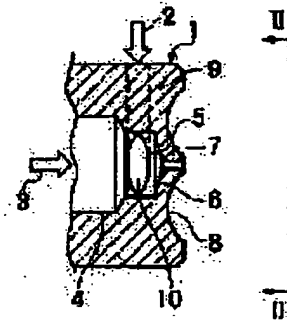
MIZOGUCHI TADAAKI

(54) CAVITATION JET NOZZLE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a nozzle structure for generating a swirling cavitation jet spreading in water.

SOLUTION: The cavitation jet nozzle comprises a jetting hole (7) formed in the tip of a nozzle main body (1) and having a thin hole shape and an axially-directed high pressure water channel (4) formed in the upstream side of the jetting hole (7) and having a wider diameter than that of the jetting hole (7). In such a cavitation jet nozzle, a swirling chamber (5) and a tangentially-directed high pressure water channel (9) opened in the direction of the tangent line of the inner circumference of the swirling chamber (5) are formed in the jetting hole (7) and the axially-directed high pressure water channel (4).



- | | |
|--------------|---------------|
| 1: ノズル | 6: 逆流室 (戻り部) |
| 2: 旋回方向高圧水 | 7: 噴出孔 |
| 3: 軸方向高圧水 | 8: くぼみ |
| 4: 軸方向高圧供給流路 | 9: 旋回方向高圧水流路 |
| 5: 旋回室 | 10: 旋回方向流路開口部 |

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-102809

(P2002-102809A)

(43) 公開日 平成14年4月9日(2002.4.9)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

7-711-T*(参考)

B 0 8 B 3/02

B 0 8 B 3/02

G 3 B 2 0 1

B 0 5 B 1/34

1 0 1

B 0 5 B 1/34

1 0 1 4 F 0 3 3

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2000-296222(P2000-296222)

(22) 出願日 平成12年9月28日(2000.9.28)

(71) 出願人 000005441

バブコック日立株式会社

東京都港区浜松町二丁目4番1号

(72) 発明者 井小萩 利明

宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号

東北大学 流体科学研究所内

(72) 発明者 樋口 二郎

宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号

東北大学 流体科学研究所内

(74) 代理人 100076587

弁理士 川北 武長

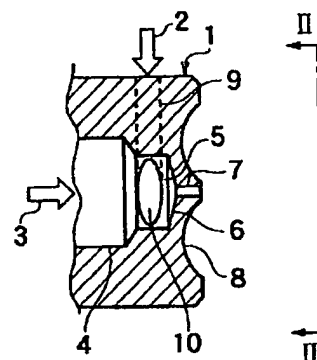
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 キャビテーションジェットノズル

(57) 【要約】

【課題】 旋回をさせながら水中に広がるキャビテーションジェットを作り出すためのノズル構造を提供する。

【解決手段】 ノズル本体(1)の先端に設けられた細孔形の噴出孔(7)と、この噴出孔(7)の上流側に設けられた、前記噴出孔(7)より径大の軸方向高圧水流路(4)とを有するキャビテーションジェットノズルであって、前記噴出孔(7)と軸方向高圧水流路(4)の間に、旋回室(5)および該旋回室の内周接線方向に開口する接線方向高圧水流路(9)とを設けたことを特徴とするキャビテーションジェットノズル。



- | | |
|--------------|---------------|
| 1: ノズル | 6: 径収縮部(しぼり部) |
| 2: 旋回方向高圧水 | 7: 噴出孔 |
| 3: 軸方向高圧水 | 8: くぼみ |
| 4: 軸方向高圧供給流路 | 9: 接線方向高圧水流路 |
| 5: 旋回室 | 10: 接線方向流路開口部 |

【特許請求の範囲】

【請求項1】 ノズル本体と、該ノズル本体の先端に設けられた細孔形の噴出孔と、該ノズル本体内の噴出孔の上流側に設けられた、前記噴出孔より径大の軸方向高圧水流路とを有するキャビテーションジェットノズルであって、前記噴出孔と軸方向高圧水流路の間に、旋回室および該旋回室の内周接線方向に開口する接線方向高圧水流路とを設けたことを特徴とするキャビテーションジェットノズル。

【請求項2】 前記噴出孔と前記軸方向高圧水流路の間に勾配を有する径収縮部を設け、該径収縮部と該軸方向高圧水流路の間に前記旋回室を設けたことを特徴とする請求項1記載のキャビテーションジェットノズル。

【請求項3】 前記噴出孔の出口周囲に環状のくぼみを設け、該噴出孔を吹き出した旋回キャビテーションジェットがノズル本体に直接接しないようにしたことを特徴とする請求項1または2記載のキャビテーションジェットノズル。

【請求項4】 前記軸方向高圧水流路と旋回方向高圧水流路にそれぞれ供給する高圧水は、同じポンプから噴出した高圧水を途中で分岐したものであることを特徴とする請求項1または2記載のキャビテーションジェットノズル。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、キャビテーションを伴うウォータージェット（キャビテーションジェット）を利用する洗浄技術に係り、特にキャビテーションジェットに旋回を与えるノズル構造に関するものである。

【0002】

【従来の技術】水中において、水中に設置したノズルから高速でウォータージェットを吹き出すと、このウォータージェットには激しいキャビテーションが発生する。このようなウォータージェットは、キャビテーションジェット（Cavitating Jet）と呼ばれる。気相中における通常のウォータージェットであれば、ジェットが衝突する際の最大衝撃圧力は、原理的にノズルにおけるジェットの噴射圧力を超えることがない。したがって、気相中のウォータージェットの威力を強めようとするれば、高圧ポンプの吐出圧力を高めねばならず、エネルギーコスト的なメリットは消滅する。これに対して水中で高速のウォータージェットを吹き出すキャビテーションジェットの場合には、ジェットの衝突圧力に加えて気泡崩壊時に生じる衝撃圧を活用することができる。この衝撃圧力は200MPa（およそ200kgf/cm²）を超えるものであって、ノズルにおけるウォータージェットの噴射圧力の数倍にも達する。このキャビテーションの衝撃圧力とジェット水量の洗い流し作用で洗浄効果が高まるため、キャビテーションジェットは、さまざま

な分野の洗浄に最適である。

【0003】通常の気相中ウォータージェットと比較した場合、キャビテーションジェット法の特徴は、上記したキャビテーションの衝撃圧利用のほか以下2点である。

（1）キャビテーションジェットからは線香花火のように四方八方に衝撃圧が放射されるので、洗浄対象物に直角に衝突させなくてもキャビテーションジェットの側面を用いることでも洗浄が可能である。

（2）上記（1）とも関係するが、洗浄対象物の側面や背面までも洗浄が可能である。特に、細い円柱体などが洗浄対象の場合、1方向からのジェット衝突によって円柱体の全側面が洗浄になる。従ってさまざまな方向からジェットを当てるようなノズルやワーク（被洗浄物）の複雑な動きの操作が不要になる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】従来、図11に示すようなキャビテーション促進型のノズル1を用いて、細い円錐型のキャビテーションジェット3をノズルから吹き出させ、洗浄に利用していた。図中、2は高圧水、4は周囲水、5は噴出孔、6は高圧水供給流路、7はしぼり部（径収縮部）である。しかし、このようなノズルでは、キャビテーションジェット3の領域が狭く、局部的な洗浄には適しているが、広い領域の洗浄や、比較マイルドなキャビテーションが必要とされる場合には、その適用に限界があった。例えば繊維質の洗浄などでは、マイルドなキャビテーションが要求されるが、過度にパワフルなキャビテーションでは母材を傷めてしまうし、またエネルギーコスト的に不利になる場合がある。

【0005】一般にジェットを広げる手段として旋回法があるが、通常の旋回式ノズルでは圧力損失が大きく、ノズル内の減圧部でキャビテーションが生じると気泡がノズルを閉塞させたり、キャビテーションがノズルに損傷を与えたりする。圧力損失が大きいということは、旋回ノズルから吹き出すジェットの勢いが低下することであって、キャビテーションを促進するという観点からは不利である。本発明の課題は、上記のような問題を解決し、旋回をさせながら水中に広がるキャビテーションジェットを作り出すためのノズル構造を提供することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本願で特許請求される発明は下記のとおりである

（1）ノズル本体と、該ノズル本体の先端に設けられた細孔形の噴出孔と、該ノズル本体内の噴出孔の上流側に設けられた、前記噴出孔より径大の軸方向高圧水流路とを有するキャビテーションジェットノズルであって、前記噴出孔と軸方向高圧水流路の間に、旋回室および該旋回室の内周接線方向に開口する接線方向高圧水流路とを設けたことを特徴とするキャビテーションジェットノズ

ル。

(2) 前記噴出孔と前記軸方向高圧水流路の間に勾配を有する径収縮部を設け、該径収縮部と該軸方向高圧水流路の間に前記旋回室を設けたことを特徴とする(1)記載のキャビテーションジェットノズル。

【0007】(3) 前記噴出孔の出口周囲に環状のくぼみを設け、該噴出孔を吹き出た旋回キャビテーションジェットがノズル本体に直接接触しないようにしたことを特徴とする(1)または(2)記載のキャビテーションジェットノズル。

(4) 前記軸方向高圧水流路と旋回方向高圧水流路にそれぞれ供給する高圧水は、同じポンプから噴出した高圧水を途中で分岐したものであることを特徴とする(1)または(2)記載のキャビテーションジェットノズル。

【0008】

【発明の実施の形態】以下、本発明を図面に示す実施例により詳細に説明する。図1は、本発明の一実施例を示すキャビテーションジェットノズルの軸方向断面図、図2は図1のII-II線から見た矢視方向の正面図である。このノズルは、ノズル本体1と、該ノズル本体1の先端に設けられた細孔形の噴出孔7と、該ノズル本体1内の噴出孔7の上流方向に順次設けられた径収縮部(しぼり部)6および旋回室5と、該旋回室5の内周接線方向に開口する接線方向高圧水流路10と、該旋回室の上流方向に同軸に設けられた軸方向高圧水流路4と、前記噴出孔出口の周囲に設けられた環状のくぼみ8と、前記接線方向および軸方向高圧水流路にそれぞれ高圧水を供給する手段(図示せず)とを有する。

【0009】上記ノズルは水中に沈められ、ノズル本体1内の旋回室5には、まずその接線方向に開口する接線方向高圧水流路9から同開口部10を通して高圧水が供給される。一方、旋回室5の上流に同軸に設けられた高圧水供給流路4を通じて高圧水3が旋回室5の中心軸上から供給される。このノズルにおいては、旋回室5において軸方向高圧水3と旋回方向高圧水2が合流混合し、先端の噴出孔7から水中へ噴射する。噴射する水中水噴流は旋回成分と直進成分を有して、両成分の相乗作用によって激しいキャビテーションを伴いながら水中の広い領域に広がっていく。その際、噴出孔7の出口には、噴出孔の周囲に凹形のくぼみ8が設けられているので、旋回して広がるキャビテーションジェットがノズル本体1の表面に直接接触しないようにしてエロージョン(喰食)の発生を防ぐ。本実施例では、できるだけ構造を簡略化するために旋回室5において旋回方向高圧水は1箇所のみから供給されるようにしているが、複数の箇所から供給してもよい。また径収縮部6は、後述するように(図10)、噴出孔7の軸方向の長さを延長し、噴出孔7の入口部分で縮流を生じるようにすれば、勾配を有するしぼり部6は設けなくてもよい。また旋回室5は、軸方向高圧水供給流路4を延長または兼用した形で

設けてもよい。

【0010】

【作用】ノズルの噴出孔7から吹き出すキャビテーションジェットは、中心が「中抜け」になった円錐形、すなわちホローコン状になる。中心軸上にジェットがないため、通常のノズルからのキャビテーションジェット(図11)に生じるような後述する「第1ピーク」(図6)に相当する現象は生じない。したがって、本発明における旋回キャビテーションジェットには、その全域において壊食性の強い領域は存在せず、洗浄に対しても母材の健全性が確保される。また、ホローコン状に広がるため周囲水との接触が多く、周囲水中から気泡核(Cavitation nuclei)がジェット中に供給されてキャビテーションを促進する。また、この旋回キャビテーションジェットは、周囲水との間に剪断層を作り出す面積も多いので、キャビテーションの界面に由来するキャビテーションが発達する。以上のような作用によって、発達したキャビテーションを伴う旋回水流が水中に広がる。この水流を利用すれば、洗浄の効果を十分に高めることができる。

【0011】図3は、本発明のキャビテーションジェットノズルを水中洗浄に適用した場合の装置系統図である。洗浄水310は高圧ポンプ306へ送られて、所定の圧力(例えば700 kgf/cm²)まで加圧される。この加圧された洗浄水は、高圧ホース307を通じて送給され、途中で旋回用高圧水308と直進用高圧水309とに分岐する。これらの高圧水は、水槽305内に設置したノズル301の旋回室で混合しながら噴出孔から吹き出し、旋回しながら大きく広がる旋回キャビテーション・ジェット302となる。この旋回キャビテーションジェット302は、被洗浄物303に衝突し汚れを除去する。水槽305内の水(周囲水304)は汲み上げポンプ311で汲み上げられ、フィルタ312で異物を除去した後、再び洗浄水310となって循環使用される。

【0012】図4は、本発明のキャビテーションジェットノズルにおいて生じる現象を模式的に描いた説明図である。旋回キャビテーションジェット503は、ホローコン(Hollow cone、中抜けの円錐)状に広がり旋回(α)する。断面で見ると、ジェット自体は薄く周囲水502がジェット中に流入するのに伴い、周囲水502中の気泡核(Cavitation nuclei)もジェット中に供給されるようになる。このジェットにはバワフルな渦キャビテーション505が生成する。また、旋回キャビテーションジェット503の中心には大規模循環渦506が生じて、キャビテーションが旋回キャビテーションジェット503中に巻き込まれるので、ジェット全体が激しいキャビテーションで覆われるようになる。

【0013】図5は、本発明の実施例によるキャビテーションジェットノズル(図1~3)と従来からある非旋

回ジェット(図11)において、各キャビテーションジェットにおけるジェット幅方向衝撃圧分布を比較した図である。

【0014】従来の非旋回ジェット(図11)では、図5に示すように、壊食性が強く、母材に損傷の生じるおそれのある「第1ピーク」が現れるのに対し、本発明のノズルでは、このような「第1ピーク」は発現せず、緩やかな丘陵形状のピークが現れ、このピークはむしろ図11の非旋回ジェットで現れる第2ピークと似ている。本発明のノズルにおけるこのようなピークは、エネルギーが広い領域に分散するため、壊食性がないものの、非旋回ジェット(図11)におけるピークに較べてノズルに近く、ピークのレベルは高い(衝撃圧が大きい)という特徴がある。壊食性がなく、また衝撃圧のレベルが高いことは、旋回キャビテーションジェットが洗浄にとって極めて好ましい特徴を有するということである。

【0015】本発明になるノズルでは、ジェットの貫通力の確保とノズルにおける圧力損失を低減するために旋回流と直進流を組合わせているが、図6は、本発明のノズルにおいて旋回のみの場合と本発明実施例(図1~3)の場合における圧力損失を比較したものである。縦軸における圧力損失 ΔP は、旋回のみの場合の圧力損失 ΔP^* で割ることにより無次元化している。本発明のノズルは、旋回のみの場合と比較して、 $\Delta P / \Delta P^* = 0.59$ であり、約4割の圧力損失低減の効果が実証された。

【0016】図7は、従来技術(図11)と本発明実施例になる旋回キャビテーションジェットノズルにおいて、洗浄に要する時間 t を比較したものである。縦軸における洗浄時間 t は、従来技術(図11)における洗浄時間 t^* で割ることにより無次元化した。従来技術において $t / t^* = 1.0$ となる。これに対して、本発明実施例では $t / t^* = 0.62$ であって、大幅な時間短縮が実現した。これは本発明になるノズルにおける旋回キャビテーションジェットの広がり、高い衝撃圧力発生

の効果が反映されたものである。

【0017】洗浄時間が短ければ水洗の流量が少なく済むし、排水量も低減できる。図8は、水洗流量 Q_w を従来技術(図11)における水洗流量 Q_w^* と比較したものである。縦軸は無次元化した水洗流量 Q_w / Q_w^* を示し、したがって、従来技術においては $Q_w / Q_w^* = 1.0$ となる。これに対して、本発明実施例では $Q_w / Q_w^* = 0.72$ となり、洗浄促進の効果によって3割ほど水洗流量を減らせることがわかる。

【0018】図9は、従来技術(図11)と本発明実施例(図1~3)に対して、洗浄に適用する際のエネルギーコストを比較したものである。縦軸におけるエネルギーコスト E は、従来技術(図11)におけるエネルギーコスト E^* で割ることにより無次元化した。したがって、従来技術においては、 $E / E^* = 1.0$ となる。こ

れに対して、本発明実施例では $E / E^* = 0.81$ である。以上から、本発明になる旋回キャビテーションジェットを洗浄へ適用したときにはエネルギーコストをおよそ2割低減できることが実証された。

【0019】図10は、本発明のノズルの他の実施例を示すノズル軸方向断面図である。基本的には図1に示したノズルと同じであるが、噴出孔407の入口に収縮流408が発生するように、噴出孔の軸方向の距離を長くし、勾配を有するしぼり部をなくしたものである。本ノズルでは、高圧水供給流路404が旋回室を兼ねる。この縮流408を起点に、微細な気泡が気泡核(Cavitation nuclei)として旋回キャビテーションジェット411の内部に流入する。したがって、このような微細気泡は流入核(Inflow nuclei)と呼ばれる。

【0020】旋回キャビテーションジェット411に流入した気泡核は、このジェット411中において強い圧力変動を受けて励起され、爆発的に成長して激しいキャビテーションとなる。このようにしてキャビテーションが促進されるため、洗浄に用いる場合には本発明になるノズルで作り出す旋回キャビテーションジェットの洗浄能力が高まる。

【0021】

【発明の効果】請求項1ないし3記載の発明によれば下記の実効果が得られる。

(1) キャビテーションジェットが水中の広い領域に拡大するため、広い面積の洗浄を短時間で効率よく実施できるようになる。また、エネルギーコストも低減する。

(2) 上記(1)の効果によって洗浄に用いた排水量も削減することが可能になる。

(3) エロージョンの原因となる衝撃圧分布の第1ピークが消滅する。したがって、洗浄対象物の健全性を維持できるようになる。

(4) 旋回流のみならず、直進流を並用するため、ノズルにおける圧力損失が小さくなる。

【0022】請求項2に記載の発明によれば、前記効果に加えてノズル表面の損傷を防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のキャビテーションジェットノズルの一実施例を示す軸方向の断面図。

【図2】図1のII-II線から見た矢視方向の正面図。

【図3】本発明のキャビテーションジェットノズルを用いた洗浄装置の系統図。

【図4】本発明のキャビテーションジェットノズルにおける旋回キャビテーション現象を模式的に説明する図。

【図5】本発明のキャビテーションジェットノズルの特性を、従来技術と比較した説明図。

【図6】本発明のキャビテーションジェットノズルの特性を、従来技術と比較した説明図。

【図7】本発明のキャビテーションジェットノズルの特

性を、従来技術と比較した説明図。

【図8】本発明のキャビテーションジェットノズルの特性を、従来技術と比較した説明図。

【図9】本発明のキャビテーションジェットノズルの特性を、従来技術と比較した説明図。

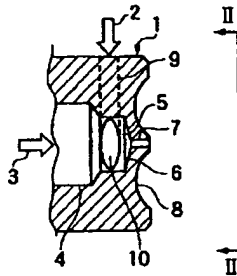
【図10】本発明の他の実施例を示すキャビテーションジェットノズルの軸方向断面図。

*【図11】従来のノズルから吹き出すキャビテーションジェットを模式的に描いた説明図。

【符号の説明】

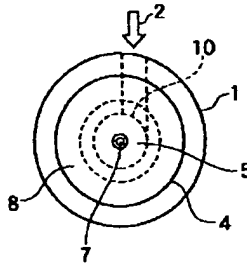
1…ノズル、2…旋回方向高圧水、3…軸方向高圧水、4…軸方向高圧水供給流路、5…旋回室、6…径収縮部（しぼり部）、7…噴出孔、8…くぼみ、9…接線方向高圧水流路、10…接線方向流路開口部。

【図1】

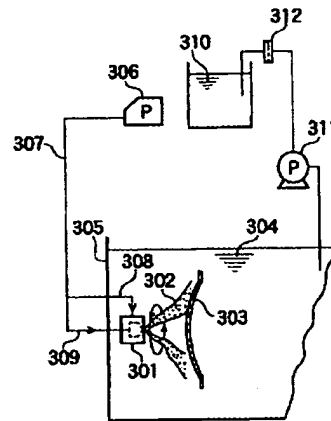


- 1: ノズル
2: 旋回方向高圧水
3: 軸方向高圧水
4: 軸方向高圧水供給流路
5: 旋回室
6: 径収縮部（しぼり部）
7: 噴出孔
8: くぼみ
9: 接線方向高圧水流路
10: 接線方向流路開口部

【図2】

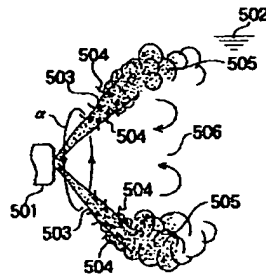


【図3】



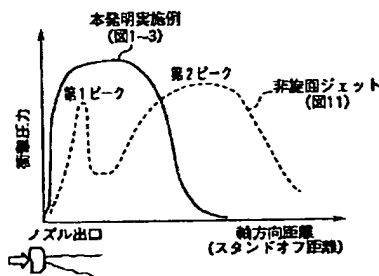
- 301: ノズル（本発明）
302: 旋回キャビテーション・ジェット
303: 被洗浄物
304: 周回水
305: 水槽
306: 高圧ポンプ
307: 高圧ホース
308: 旋回用高圧水
309: 直進用高圧水
310: 洗浄水
311: 汲み上げポンプ
312: フィルタ

【図4】

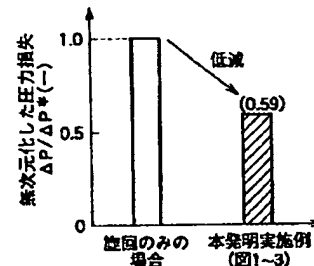


- 501: ノズル
502: 周回水
503: 旋回キャビテーション・ジェット
504: 周回水流入（気泡核供給）
505: 大気キャビテーション
506: 大気核供給
α: 旋回

【図5】

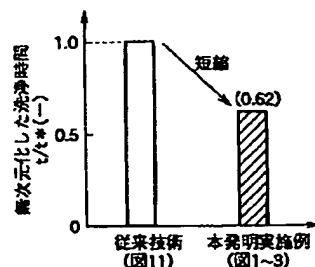


【図6】



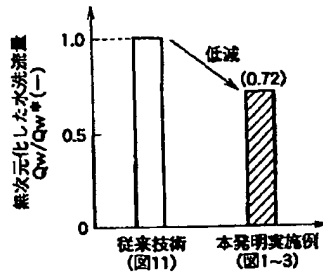
記号説明
ΔP…
ΔP*…旋回の場合の圧力損失

【図7】



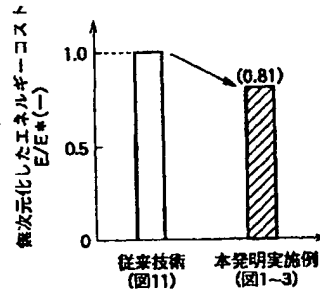
記号説明
t…洗浄時間
t*…従来技術(図11,12)における洗浄時間

【図8】



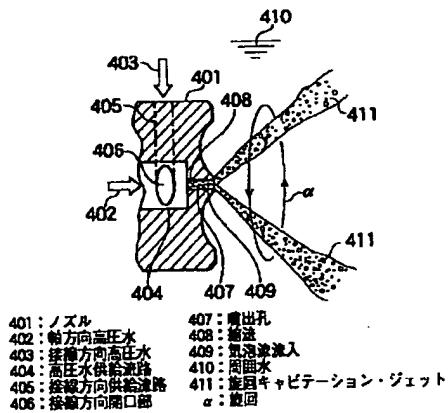
記号説明
 Q_w^* …水流量
 Q_w^* …従来技術(図11)における水流量

【図9】

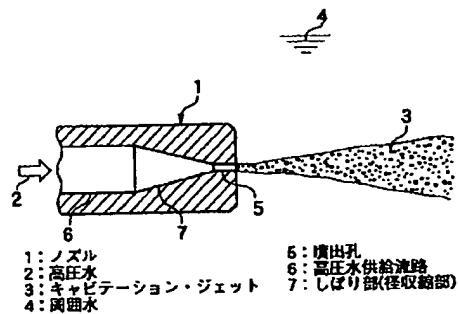


記号説明
 E^* …エネルギーコスト
 E^* …従来技術(図11,12)におけるエネルギーコスト

【図10】



【図11】



フロントページの続き

(72)発明者 山崎 展博
 宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号
 東北大学 流体科学研究所
 (72)発明者 佐藤 一教
 広島県呉市宝町3番36号 バブコック日立
 株式会社呉研究所内

(72)発明者 溝口 忠昭
 広島県呉市宝町3番36号 バブコック日立
 株式会社呉研究所内
 Fターム(参考) 3B201 AB01 BB22 BB36 BB43 BB62
 BB72 BB75 BB90 BB98
 4F033 AA04 BA04 CA01 DA01 EA01
 KA03 NA01

B1''

Partial Translation of JP 2002-102809 A

...omitted...

[0001]

[Technical Field to which the Invention Belongs] The present invention relates to washing technique that utilizes water jet with cavitation (cavitation jet) and, specifically, to a nozzle structure that applies a swirl to the cavitation jet.

...omitted...

[0008]

[Embodiments of the Invention] The present invention will now be described in detail according to examples shown in the drawings. Fig. 1 is an axial cross-sectional view of a cavitation jet nozzle of one example of the present invention, and Fig. 2 is a front view of the nozzle in the direction of an arrow as viewed from the line II-II in Fig. 1. This nozzle has a nozzle body 1, a pore-shaped spray hole 7 provided on a tip of the nozzle body 1, a diameter contraction part (diaphragm) 6 and a swirl chamber 5 sequentially provided in an upstream direction of the spray hole 7 in the nozzle body 1, a tangential high-pressure water flow path 10 that opens in an inner circumferential tangential direction of the swirl chamber 5, an axial high-pressure water flow path 4 provided coaxially in an upstream direction of the swirl chamber, an annular depression 8

provided around an outlet of said spray hole, and means for supplying high-pressure water to each of said tangential and axial high-pressure water flow paths (not shown).

...omitted...

[Brief Description of the Drawings]

[FIG. 1] FIG. 1 is an axial cross-sectional view of one example of a cavitation jet nozzle of the present invention.

[FIG. 2] FIG. 2 is a front view of the nozzle in the direction of an arrow as viewed from the line II-II in FIG. 1.

...omitted...

[FIG. 1]

- 1: nozzle
- 2: swirling directional high-pressure water
- 3: axial high-pressure water
- 4: axial high-pressure supply flow path
- 5: swirl chamber
- 6: diameter contraction part (diaphragm)
- 7: spray hole
- 8: depression
- 9: tangential high-pressure water flow path
- 10: tangential flow path opening

[FIG.2]

- 1: nozzle
- 2: swirling directional high-pressure water
- 4: axial high-pressure supply flow path
- 5: swirl chamber
- 7: spray hole
- 8: depression
- 10: tangential flow path opening

...omitted...